

## Premières mesures du potentiel oxydant dans le Grand Est

Dans le cadre d'un projet interne mené par ATMO Grand Est en lien avec le programme national [CARA](#), les effets sanitaires des particules PM<sub>10</sub> ont été étudiés via la mesure du potentiel oxydant. **Cette grandeur non réglementée apporte une information supplémentaire sur le risque sanitaire associé aux particules.**

Le potentiel oxydant se mesure pour les particules prélevées sur des filtres. Une soixantaine de filtres journaliers prélevés sur un site urbain sous influence trafic à Strasbourg en 2019 a été analysé. Les journées étudiées sont associées à des niveaux particulaires élevés en période froide principalement (janvier-mars et octobre-décembre) avec 23% des filtres dépassant la valeur limite journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>. La moyenne des 70 filtres confirme les niveaux élevés (35 µg/m<sup>3</sup>) avec une moyenne près de 40% plus élevée que la moyenne annuelle 2019 de la station (mesure par analyseur), comme illustré dans la Figure 1. La concentration moyenne sur cette période est jusqu'à 2 fois plus élevée que la moyenne annuelle de certaines grandes agglomérations de la région (Reims et Nancy).

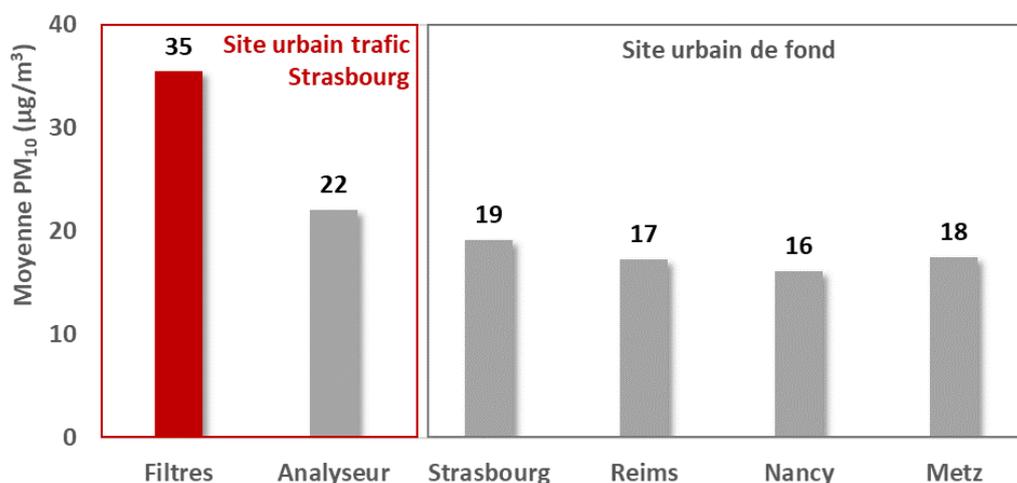
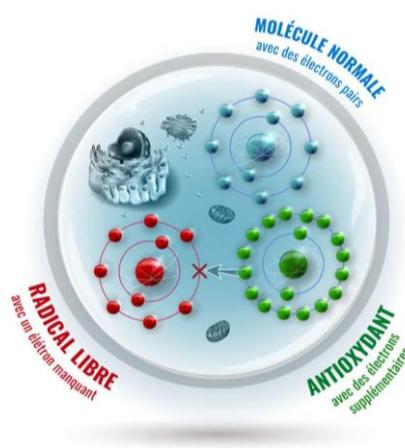


Figure 1 : Comparaison de la moyenne de la période étudiée par rapport aux moyennes annuelles du même site urbain sous influence trafic et des grandes agglomérations de la région (Année 2019)

## Le potentiel oxydant des particules : kezako ?

Les particules sont responsables de nombreux effets sanitaires, elles favorisent l'apparition ou aggravent les maladies respiratoires, cardiovasculaires et certains cancers...

Elles agissent notamment en générant un **stress oxydant** au niveau pulmonaire, pouvant endommager les cellules et tissus du corps humain. En effet, le stress oxydant entraîne la libération de radicaux libres qui sont normalement pris en charge et éliminés par les antioxydants naturellement présents dans l'organisme ou apportés par l'alimentation (vitamines, oligoéléments, enzymes, ...). Il devient anormal lorsque les cellules de l'organisme sont soit dépassées par la quantité de radicaux libres à éliminer, soit ne disposent pas des ressources antioxydantes suffisantes pour les éliminer.



Basé sur la capacité des particules à générer un stress oxydant (ou capacité oxydative des particules) à l'aide d'espèces réactives de l'oxygène, le potentiel oxydant (PO) indique la consommation d'antioxydants par masse de particules (exprimé en nmol d'antioxydant/min/ $\mu\text{g}$  de particules). Le PO permet donc de montrer le **déséquilibre entre oxydants et antioxydants**, responsable des maladies chroniques. Pour cette raison, le potentiel oxydant des particules a émergé comme étant prometteur dans l'indication du risque sanitaire.

La méthode utilisée, développée par l'Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE), repose sur le suivi temporel de la consommation de deux antioxydants pulmonaires : l'acide ascorbique (PO AA) et le dithiothréitol (PO DTT) (Figure 2).

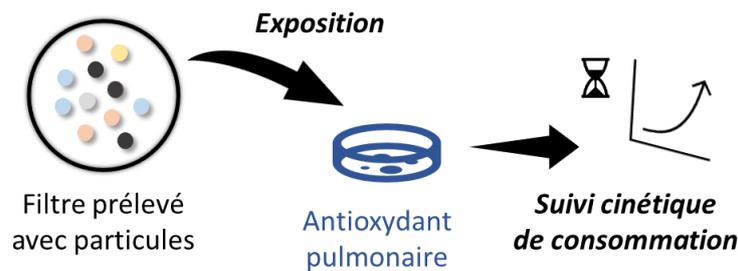


Figure 2 : Schéma simplifié de l'analyse du Potentiel oxydant

## Le potentiel oxydant intrinsèque

Les propriétés physico-chimiques des particules, et notamment leur potentiel oxydant, sont extrêmement variées et ne sont pas forcément corrélées à leur concentration massique, paramètre habituellement mesuré dans l'air dans le cadre de la réglementation.

Le potentiel oxydant est obtenu en nmol d'antioxydant/min/ $\mu\text{g}$  de particules, ce qui représente la **capacité oxydante intrinsèque des particules indépendamment de leur masse**. Ce potentiel oxydant intrinsèque permet de comparer entre deux périodes la capacité oxydante d'un microgramme de particules.

L'absence de corrélation des deux PO intrinsèques avec la concentration massique des  $\text{PM}_{10}$  (Figure 3) confirme que la **capacité oxydante intrinsèque des particules dépend de la nature des particules et non de leur quantité**.

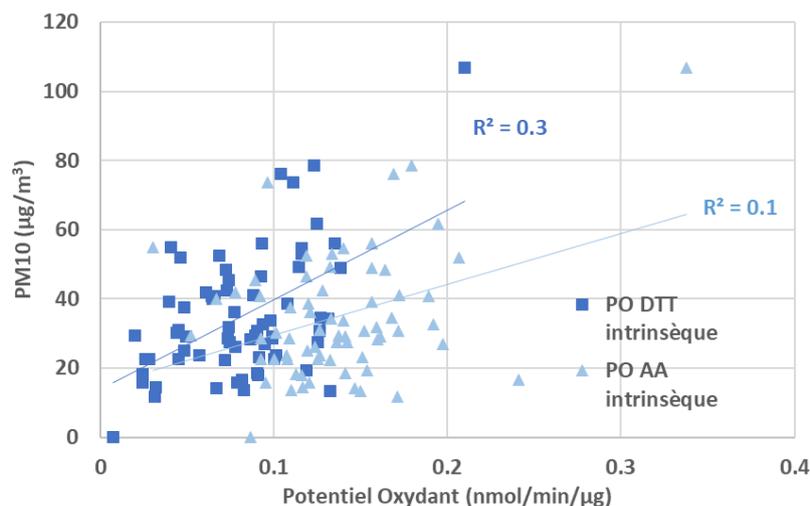


Figure 3 : Corrélation entre le potentiel oxydant intrinsèque et la concentration massique en  $\text{PM}_{10}$  sur la période

**La journée du Nouvel An 2020 est associée aux particules les plus oxydantes de la période** avec un maxima observé pour les deux PO (0,17 nmol/min/μg pour le PO DDT et à 0,34 nmol/min/μg pour le PO AA). Sur cette journée, le **PO DDT est 1,5 à 28 fois plus élevé** et le **PO AA 1,3 à 106 fois plus élevé** que sur le reste de la période.

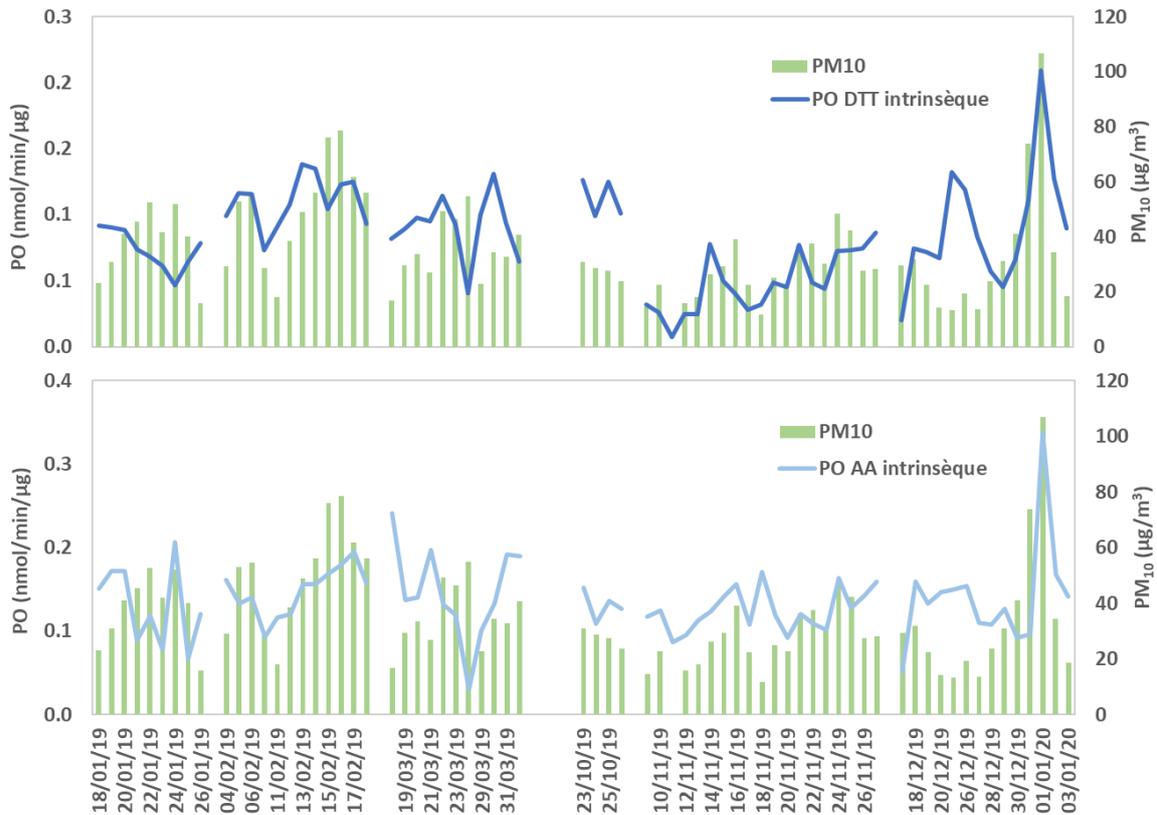


Figure 4 : Moyennes journalières des PO intrinsèques sur la période de mesure

## Le potentiel oxydant global

Le **PO intrinsèque des particules est multiplié par la concentration massique des PM<sub>10</sub> (μg/m<sup>3</sup>)** pour obtenir le **PO global des particules** dans un m<sup>3</sup> d'air (nmol/min/m<sup>3</sup>).

**Les potentiels oxydants sont élevés sur cette période en comparaison à des études précédentes** réalisées à l'échelle nationale, en particulier pour le PO AA (Figure 5). Les concentrations en particules élevées expliquent ces PO importants mais les saisons plutôt froides et l'influence trafic du site de mesure pourraient également y contribuer. En effet, des études mettent en évidence une forte association entre le potentiel oxydant et certaines sources comme la combustion de biomasse (chauffage en période froide) et le trafic routier.

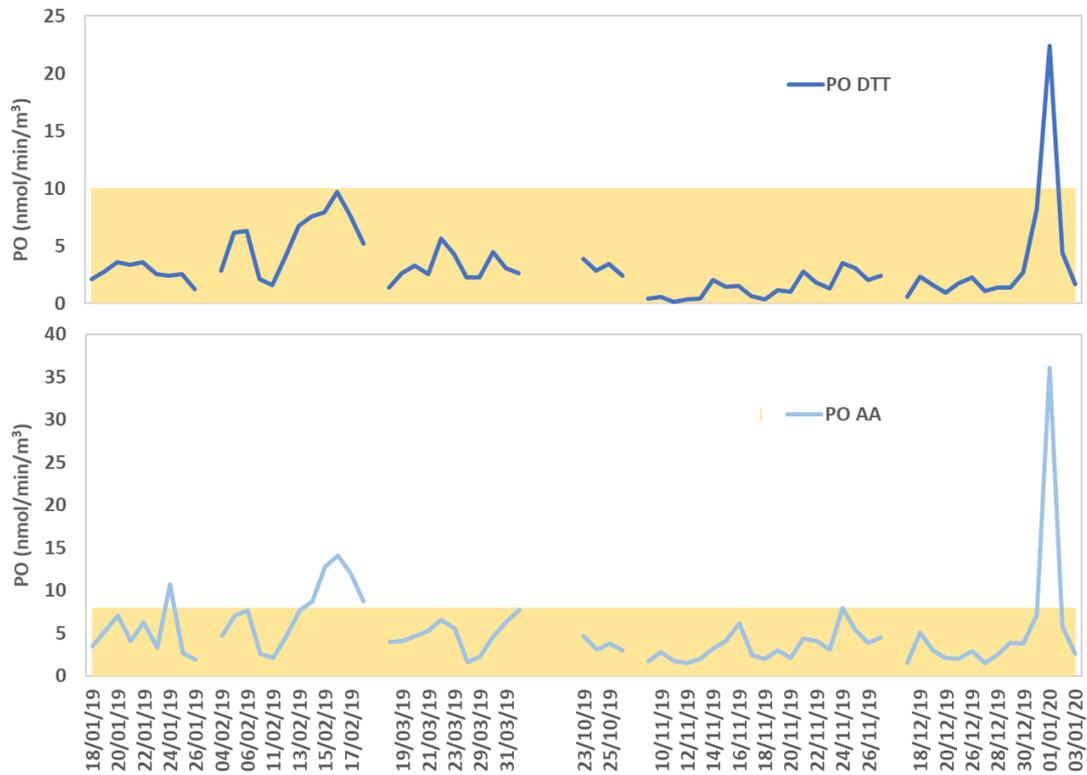


Figure 5 : Moyennes journalières des PO globaux et plage de comparaison obtenue dans la littérature en jaune

Le maximum observé sur le potentiel oxydant intrinsèque s’observe logiquement sur les PO globaux pour **la journée du Nouvel An 2020 avec des niveaux 1,4 à 9 fois plus élevés** par rapport au reste de la période. Cet extremum du PO global est lié à la **forte capacité oxydative des particules sur cette journée (PO intrinsèque maximum) et aux niveaux en PM<sub>10</sub> très élevés.**

Une même concentration massique en PM<sub>10</sub> peut être associée à un potentiel oxydant global différent, à l’image des journées du 24 janvier et du 5 février 2019 (Figure 6). **La concentration massique en PM<sub>10</sub> est égale sur les deux jours tandis que le PO DDT augmente de 155% et le PO AA diminue de 34% entre le 24 janvier et le 5 février.** Pour une même masse de particules par mètre cube d’air, les particules peuvent donc être plus ou moins oxydantes. La variation opposée des deux PO montre que les particules ont un impact différent sur la consommation d’antioxydants en fonction de leur composition chimique notamment.

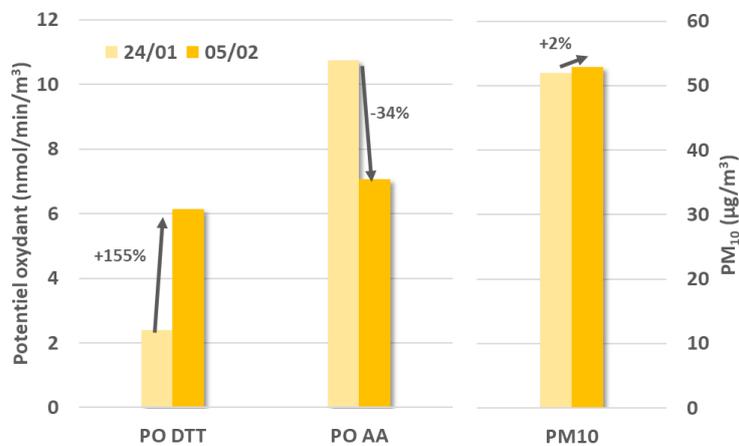


Figure 6 : Comparaison des moyennes journalières du 24 janvier et du 5 février 2019 pour le PO DDT, le PO AA et les concentrations PM<sub>10</sub>

L'influence de la composition chimique des particules PM<sub>10</sub> sur le potentiel oxydant s'observe également par l'étude des corrélations. Pour étudier ces corrélations, les coefficients de corrélation de Pearson (R<sup>2</sup>) entre le PO et les composés majeurs des PM<sub>10</sub> ont été étudiés. Le carbone élémentaire (EC), la matière organique, les particules inorganiques secondaires (nitrate et sulfate d'ammonium), les poussières minérales, les embruns marins et les métaux sont les composés majeurs des particules. La corrélation entre le PO et les métaux pris individuellement a également été testée compte tenu des effets sanitaires et des sources variables selon le métal. Le coefficient de corrélation permet d'identifier l'existence ou non d'une relation linéaire entre le PO et le composé.

**Les deux PO sont fortement corrélés avec le carbone élémentaire mais également avec certains métaux dont le cuivre** tandis qu'ils ne sont pas corrélés avec le nitrate d'ammonium ou la matière organique (Tableau 1). Ces données confirment que **le potentiel oxydant des particules dépend de leur composition chimique**. Les deux tests de potentiel oxydant présentent des sensibilités similaires aux différents composés chimiques sur cette étude, excepté pour le PO AA qui semble légèrement plus affecté par le sulfate d'ammonium. Une étude complémentaire sur un jeu de données plus conséquent permettrait de confirmer les tendances observées.

		PO DTT	PO AA
<b>Composés majeurs des PM<sub>10</sub></b>	<b>Carbone élémentaire (EC)</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>
	<i>Matière organique</i>	0,2	0,1
	<i>Nitrate d'ammonium</i>	0,0	0,1
	<i>Sulfate d'ammonium</i>	0,5	<b>0,7</b>
	<i>Poussières minérales</i>	0,2	0,1
	<i>Embruns marins</i>	0,0	0,0
	<i>Métaux totaux</i>	0,4	0,3
	<b>Métaux</b>	<b>Cadmium</b>	<b>0,7</b>
<b>Cuivre</b>		<b>0,9</b>	<b>0,9</b>
<i>Fer</i>		0,3	0,2
<i>Manganèse</i>		0,5	0,4
<i>Nickel</i>		0,1	0,1
<b>Plomb</b>		<b>0,8</b>	<b>0,8</b>
<b>Rubidium</b>		<b>0,8</b>	<b>0,9</b>
<b>Antimoine</b>		<b>0,9</b>	<b>0,8</b>
<i>Titane</i>		0,3	0,3
<b>Vanadium</b>		<b>0,8</b>	<b>0,8</b>

Tableau 1 : Corrélation des composés chimiques des PM<sub>10</sub> avec le potentiel oxydant

## Bibliographie

- Borlaza L. J., et al.**, *Disparities in particulate matter origins and oxidative potential at a city scale (Grenoble, France) – part 2 : Sources of PM<sub>10</sub> oxidative potential using multiple linear regression analysis and the predictive applicability of multilayer perception neural network analysis*, *Atm. Chem. And Physics*, 2021
- Borlaza L. J., et al.**, *9-year trends of PM<sub>10</sub> sources and oxidative potential in a rural background site in France*, *Atm. Chem. And Physics*, 2021
- Calas A., et al.**, *Comparison between five Acellular Oxidative Potential measurement assays performed with detailed chemistry on PM<sub>10</sub> samples from the city of Chamonix (France)*, *Atmos. Chem. Phys.*, 2018
- Calas A., et al.**, *Seasonal Variations and Chemical Predictors of Oxidative Potential (OP) of Particulate Matter (PM) for Seven Urban French Sites*, *Atmosphere*, 2019
- Daellenbach K. R., et al.**, *Sources of particulate-matter air pollution and its oxidative potential in Europe*, *Atmosphere*, 2020
- Weber S., et al.**, *An apportionment method for the oxidative potential of atmospheric particulate matter sources : application to a one-year study in Chamonix, France*, *Atmosphere*, 2018